

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ЛЕЧЕНИЯ ОРТОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Качалов Д.Л., Петухова Н.В., Фархадов М.П.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,*

*Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

*kachalov@comdcomp.ru, mais@ipu.ru, nvpet@ipu.ru*

*Аннотация: Работа посвящена описанию метода интеллектуального анализа телерентгенограмм в автоматизированном и автоматическом режиме для обеспечения поддержки персонализированного подхода в диагностике и лечении зубочелюстно-лицевых аномалий. Предложенный метод позволяет собирать, анализировать в автоматическом режиме и размечать телерентгенограммы а также производить первичную оценку наличия зубочелюстно-лицевых аномалий с возможными вариантами лечения.*

Ключевые слова: анализ больших данных, методы искусственного интеллекта, неструктурированные данные, нейронные сети, персонализированные методы лечения, диагностика и раскрытие патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий, антропометрия зубных рядов, телерентгенография, электромиография.

## **Введение**

Актуальной научно-технической задачей работы является интеллектуализация процессов диагностики и выбора стратегии лечения пациентов с ЗЧЛА на основе создания математических методов, алгоритмов интеллектуального анализа больших массивов данных, применения современных информационных и компьютерных технологий в персонализированной медицине для диагностики и раскрытия патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий с использованием больших массивов данных антропометрических, лучевых и функциональных методов исследования.

Обзор публикаций показывает, что применение интеллектуальных методов анализа данных в стоматологии и ортодонтии набирает популярность во всем мире. Создаются базы данных с онлайн доступом, разрабатываются алгоритмы анализа данных, появляются конкретные разработки. Однако, работы находятся пока еще на начальной стадии.

В рамках данной работы ведётся разработка алгоритмов управления диагностированием, раскрытием патогенеза, созданием персональных рекомендаций для пациентов на основе разработанных методов интеллектуального анализа больших массивов разнотипных данных.

В действующих клиниках уже сейчас накоплены существенные объёмы исследований пациентов, в том числе и телерентгенограммы, в том числе и в цифровом виде. Разрабатываемая метод и разрабатываемая на его основе система поможет организовать хранение накопленных материалов клинических исследований, обеспечить их автоматизированную интеллектуальную информационную обработку, выявить тенденции развития и средние показатели. Также разрабатываемый метод позволит в короткие сроки обеспечивать получение врачом полной картины патогенеза и своевременно выявлять тенденции в развитии заболеваний, при этом обеспечивая врача персонализированными (для каждого пациента) рекомендациями по лечению и прогнозами по развитию заболевания.

Описанные преимущества становятся доступны благодаря современным методам машинного обучения и компьютерного зрения а также методам сбора и обработки больших данных, которые лежат в основе метода и системы интеллектуального анализа телерентгенограмм.

## **1 Методы анализа данных в ортодонтии и задачи исследования**

Современные методы обработки больших данных предоставляют новые возможности для понимания патогенеза заболеваний и формирования новых идей для их лечения и профилактики. Однако применение больших данных в здравоохранении находится пока во всем мире на начальной стадии, и имеющиеся на сегодняшний день результаты не многочисленны и скромны. Большинство работ в этой области основано на анализе неоднородных данных электронных медицинских карт. В

ряде стран реализуются крупные проекты по созданию отраслевых или даже национальных репозитариев медицинских данных. Однако бывает трудно, а то и невозможно обеспечить требуемую полноту информации и ее соответствие принятым стандартам. В обзоре публикаций за последние 5 лет [1] авторы приходят к заключению, что информации о фактическом использовании в здравоохранении результатов анализа больших данных пока еще недостаточно и что требуются новые подходы и новые усилия в этой области.

В то же время современные методы исследования, применяемые в медицине, такие как рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, телерентгенография и другие, сопровождаются производством большого количества цифровых данных и изображений, которые анализируются обычно вручную. Компьютерная обработка изображений имеет целью автоматизировать обнаружение патологий, а использование методов анализа больших данных позволяет выявить скрытые закономерности и скорректировать методы профилактики и лечения. Современные системы обработки изображений строятся в основном на искусственных нейронных сетях.

Методы исследования, которые применяются в современной ортодонтии и стоматологии, также сопровождаются производством большого количества данных: рентгеновские снимки, биометрические данные, клиническая информация, цифровые сигналы от дополнительных диагностических аппаратов. На основании этих данных производится выбор методики лечения пациентов и составляется индивидуальный план лечения. Предварительный обзор публикаций показывает, что использование интеллектуальных методов анализа данных в стоматологии и ортодонтии набирает популярность. Создаются базы данных, разрабатываются алгоритмы анализа данных, появляются конкретные разработки [2,3]. Однако работы находятся пока еще во всем мире на начальной стадии.

Аномалии зубочелюстной системы вызывают у пациентов целый ряд серьезных проблем, что делает раскрытие патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий и управление процессом диагностики и лечения актуальной задачей современной ортодонтии.

Применение методов искусственного интеллекта для анализа изображений в сочетании с анализом других медицинских данных считается одним из перспективных направлений применения цифровых технологий в медицине.

Разработка методов управления процессами диагностики и лечения пациентов с зубочелюстно-лицевыми аномалиями на основе интеграции и интеллектуального анализа больших массивов данных антропометрических, лучевых, функциональных методов исследования.

Целью настоящей работы является применение методов интеллектуального анализа больших данных для решения актуальных задач диагностики и раскрытия патогенеза зубочелюстно-лицевых аномалий. Распространенность этих аномалий в различных регионах Российской Федерации в соответствии с данными исследований находится в пределах от 30% до 77%, и эти цифры не снижаются, что обусловлено факторами генетического характера и ухудшением здоровья женщин и детей. Решение проблем диагностики и лечения зубочелюстно-лицевых аномалий и выявления их патогенеза является значимой задачей современной медицины.

Задачи:

- исследование методов и моделей распознавания многоточечных и многопараметрических моделей на рентгеновских снимках черепа человека и цифровых 3D-моделях челюстей,
- разработка метода распознавания многопараметрической модели с помощью нейронных сетей на массиве снимков и моделях челюстей,
- обучение модели (нейронной сети) на массиве больших данных снимков и цифровых моделей челюстей,
- разработка системы персонализированных рекомендаций по результатам анализа моделей челюстей, снимков пациентов, цифровых сигналов функциональных методов исследования.

Существующие модели позволяют строить персонализированные рекомендации по лечению зубочелюстных аномалий, однако не существует автоматизированного метода распознавания многопараметрических моделей на рентгеновских снимках и моделях челюстей.

На основе методов распознавания, построенных на нейронных сетях, разрабатывается метод распознавания характерных параметров, достаточных для построения модели определения аномалии у пациента.

Данный проект разрабатывается на стыке медицинских и информационных технологий и возможностей, что позволяет получить результаты в нескольких отраслях науки, а также значительные результаты на практике.

Основным ожидаемым результатом работы будет обеспечение возможности построения интеллектуальной автоматизированной системы диагностики и выбора методов лечения пациентов с ЗЧЛА, что будет являться поддержкой при принятии решений врачом-ортодонтом.

Разрабатывается система с возможностью автоматизированного цефалометрического анализа боковой телерентгенографии головы, получения антропометрии на цифровых 3D-моделях челюстей, автоматическая сегментация и определение размеров зубов а также положения корней. Разрабатываемый метод, реализующийся в системе, позволит повысить эффективность и сократить время на диагностику и лечение.

## 2 Методика исследования

Разрабатываемый метод строится на технологиях компьютерного зрения и аналитической обработки информации.

Так как среди задач есть задача сбора данных, разметки данных, в разрабатываемой системе предполагается модуль обучения, который будет обрабатывать размеченные изображения и настраивать модель для автоматического распознавания неразмеченных. Чтобы обеспечить работу по разрабатываемому методу разрабатывается информационная система, обладающая блочной архитектурой (рис. 1).

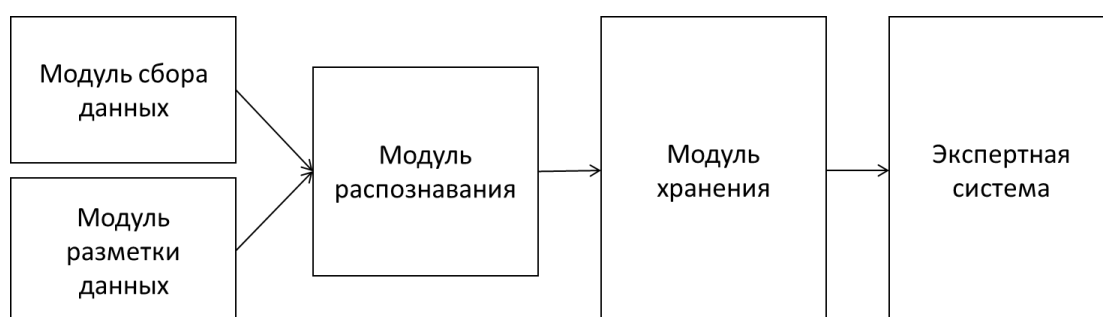


Рис. 1. Архитектура системы.

Согласное представленной архитектуре модуль сбора данных получает размеченные изображения, сохраняет на них положение точек в модуле хранения данных.

В дальнейшем при поступлении изображений в систему модуль распознавания автоматически находим характерные точки, согласно обработанным ранее изображениям и автоматически размечает новое изображение, далее пользователь может редактировать обозначенные точки и корректировать процесс автоматического распознавания, тем самым дообучая систему.

Модуль распознавания, кроме характерных точек также предоставляет возможность распознавания и построения контура и характерных отрезков для расчёта значений по полученному изображению а также соотношений отрезков.

В основе работы модуля распознавания лежит нейронная сеть, которая по выстроенной модели находит необходимую точку на изображении, руководствуясь значениями, полученными из модуля разметки и посчитанными коэффициентами модели, позволяющими определять точки на картинке и фиксировать расстояние между точками для последующего расчёта.

Телерентгенограмма, будучи рентгеновским изображением является черно-белым изображением и практически без дополнительной бинаризации может быть обработана модулем распознавания, что в свою очередь уменьшает время распознавания и общее время анализа снимка (рис. 2).

Получив изображение для обработки, система расставит точки и сохранит размеченное изображение. На его основе рассчитывается модель, показывающая основные соотношения, на основе которых врач может сделать вывод о необходимости применения тех или иных мер для лечения.

Последний модуль системы отвечает за проработку и предоставление персонифицированного анализа ТРГ, рекомендаций лечения и прогноза развития и изменений. На основе описанных медицинских подходов к лечению, занесённых в экспертную систему, последний модуль может предоставлять все эти возможности, а также сравнивать анализ ТРГ для одного и того же пациента или определенной группы, в рамках которой проводится исследование здоровья пациента.

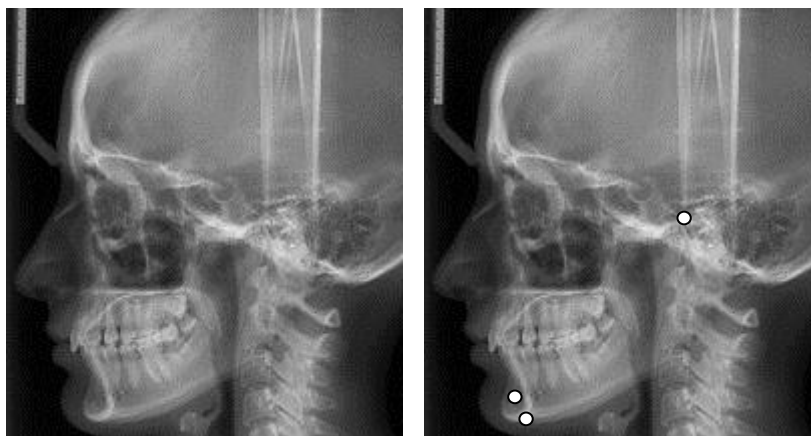


Рис. 2. Пример ТРГ и ТРГ с автоустановленными точками

## Заключение

Описанный в работе метод позволяет обеспечить полный цикл обработки изображения ТРГ от сбора и разметки, хранения до предоставления персонализированных рекомендаций по лечению. Информационная, основанная на предложенном методе позволяет увеличить эффективность работы врача и предоставить своеобразного электронного ассистента – программу, которая сможет в автоматическом режиме производить анализ изображений и предоставлять рекомендации по лечению. Данная разработка основывается на современных методах и подходах к обработке больших данных и машинном обучении, способном в автоматическом режиме анализировать поступающую информацию и извлекать из неё знания. Информационная система, в основе которой лежит интеллектуальный метод анализа ТРГ, строится по модульному принципу и может быть интегрирована в существующие информационно-аппаратные системы или применяться самостоятельно.

## Литература

1. Mehta N, Pandit A. Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. Int J Med Inform. 2018 Jun;114:57-65. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2018.
2. Vaden JL, Riolo CS, Riolo ML. An orthodontic registry: producing evidence from existing resources. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2017;152:289–91.
3. Joda T., Waltimo T., Pauli-Magnus C., Probst-Hensch N., Zitzmann N.U. Population-Based Linkage of Big Data in Dental Research. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 2357; doi:10.3390/ijerph15112357
4. Елисеев А.В., Качалов Д.Л., Фархадов М.П. Modern methods to collect, store and process big data in large-scale systems / Proceedings of the 5th International Conference on Control, Instrumentation, and Automation (ICCIA 2017, Shiraz, Iran). Shiraz: Shiraz University, 2017. С. 160-163. DOI: 10.1109/ICCIAutom.2017.8258674
5. Ортодонтия. Современные методы диагностики аномалий зубов, зубных рядов и окклюзии / Персин Л.С., Слабковская А.Б., Картон Е.А., Дробышева Н.С., Попова И.В., Текучева С.В., Илюшина А.С., Порохин А.Ю., Рижинашвили Н.З., Рыбакова М.Г., Селезнев А.В., Вагапов З.И., Егиазарян А.Л., Коваленко А.В. Учебное пособие / Москва, 2017.
6. Текучева С.В., постников М.А., Персин Л.С. Применение ортодонтического аппарата собственной конструкции для лечения пациентов с мезиальной окклюзией в сочетании с аномалиями зубных рядов на раннем этапе смены зубов. Клинический случай // Стоматология. - 2018. - №4.